

무지개송어, *Oncorhynchus mykiss*와 산천어, *O. masou*간의

잡종 및 잡종 3배체 생산

I. 세포유전학적 연구

박인석 · 김치홍* · 최경철** · 김동수**

군산대학교 해양자원육성학과, *국립수산진흥원 부안수산종묘배양장

**부경대학교 양식학과

Production of Hybrid and Allotriploid between Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* and Cherry Salmon, *O. masou*

I. Cytogenetic study

In-Seok Park, Chi-Hong Kim*, Gyeong-Cheol Choi** and Dong Soo Kim**

Department of Marine Living Resources, Kunsan National University, Kunsan 573-360, Korea

*Puan Hatchery, National Fisheries Research and Development Agency, Pusan 579-855, Korea

**Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Induction of hybrid and allotriploid between female rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* and male cherry salmon, *O. masou* were performed. Triploid rate in allotriploid was 92% and the survival rates of allotriploid exceeded that of their hybrid counterparts. Karyological studies revealed that the hybrid had exactly the same intermediate diploid karyotypes as that of two parental species, while allotriploid had two sets of the maternal haploid complement and one set of the paternal haploid complement. Hybrid revealed an intermediate size in cellular and nuclear size of erythrocyte, while allotriploid revealed larger cellular and nuclear size of erythrocytes than hybrid. The number of nucleolar organizer regions of hybrid were 1 or 2, while those of allotriploids were 1, 2 or 3. These results proved that allotriploidization can lead to increase cytogenetical characters compared to counterpart hybridization.

Key words : Rainbow trout, Coho salmon, Allotriploid, Cytogenetic study

서론

어류에서 종간잡종(interspecific hybridization) 기법은 특정 형질 조합의 방법으로 사용되고 있으나(Chevassus, 1979), 유도된 잡종의 생존율은 낮게 보고되고 있다(Chevassus, 1983 ;

Scheerer and Thorgaard, 1983). 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss*와 brook송어, *Salvelinus fontinalis* 간의 잡종 유도시 자연발생성 잡종 3배체(allotriploid)가 발견되는 바(Capanna et al., 1974 ; Ueda et al., 1984) 이러한 잡종 3배체 출현은 잡종에 비해 잡종 3배체의 높은

본 연구는 한국과학재단 연구지원인, '96 핵심전문 연구과제(KOSEF : 961-0609-084-1)에 의한 결과로 연구비 지원에 감사드립니다.

생존율에 기인된 것이다(Thorgaard, 1983).

이러한 잡종에 비해 잡종 3배체의 높은 생존율은 잡종 3배체화가 종간잡종의 세포유전학적 특성에 관여하여 생존율 증가효과를 보인데 기인된 것으로(Arai, 1986; 박 등, 1996), 연어, *O. keta* 암컷과 Japanese char, *S. leucomaenis* 수컷 간의 잡종 3배체 염색체는 모계 $2n=74$ 와 부계 $n=42$ 로 구성되어 염색체 $2n=79$ 인 잡종의 이상발생이 극복됨을 보였다(Arai, 1984).

잡종 3배체의 잡종에 대한 세포유전학적 특징으로는 암컷 초어, *Ctenopharyngodon idella*와 수컷 대두어, *Aristichthys nobilis* 간의 자연발생적 잡종 3배체는 잡종에 비해 배수화에 기인되어 적혈구 세포 및 핵의 크기에 있어 증가를 보인 바 있다(Krasznai et al., 1984). 아울러 대부분의 연어속에서 보고된 바와같이 인형성부위(nucleolar organizer region)는 1개 혹은 2개로 발견되어 지는 반면 연어속 3배체화시 배수화에 기인되어 1개, 2개 혹은 3개의 인형성부위가 발견된다(Phillips et al., 1986; 박과 김, 1994).

잡종의 성비는 이론적으로 암·수의 비가 1 : 1로 예상되나 잉어(*Cyprinus carpio*)와 백연(*Hypophthalmichthys molitrix*)의 잡종에서는 수컷이 발견 안되며, plaice(*Peturonectes platessa*)와 flounder(*Platichthys flesus*)의 잡종 3배체에서는 수컷이 과다하게 발견된다(Buss and Miller, 1967; Bakos et al., 1978; Lincoln, 1981).

잡종 3배체의 확인법 중 형태학적 분석법은 잡종 3배체가 가끔 양친의 어느 한쪽 형질을 많이 닮거나 양친에 존재하지 않는 형질을 나타내므로 절대적인 방법은 아니나, 대체로 잡종 3배체의 형질은 잡종과 마찬가지로 잡종 3배체 유도시 사용된 양친의 중간형을 나타내므로 잡종 3배체 평가의 한 방법으로 사용되고 있다(Chevassus, 1983; 박, 1992, 1995; 박 등, 1996).

본 연구는 국내에서 완전양식 및 산업화가 이루어진 무지개송어, *O. mykiss* 암컷과 육질이 좋다고 인정되는 산천어, *O. masou* 수컷 간의 잡종 및 잡종 3배체를 유도하였다. 유도된 잡종

및 잡종 3배체를 대상으로 초기생존율을 조사하였으며 세포유전학적 분석 즉, 염색체조사, 적혈구 핵 및 세포 크기조사, 인형성부위 조사를 하였다.

재료 및 방법

1. 잡종 및 잡종 3배체 유도

무지개송어, *O. mykiss*와 산천어, *O. masou* 간의 잡종 및 잡종 3배체 유도에 사용된 친어는 전장이 48.2 ± 3.5 cm이며 염색체수 $2n=60$ 인 3년생 무지개송어 암컷 3마리, 전장이 41.7 ± 2.6 cm이며 염색체수 $2n=60$ 인 3년생 무지개송어 수컷 5마리, 전장이 32.5 ± 2.0 cm이며 염색체수 $2n=66$ 인 2년생 산천어 암컷 3마리 및 전장이 25.1 ± 1.4 cm이며 염색체수 $2n=66$ 인 2년생 산천어 수컷 5마리 이었다.

무지개송어, 산천어 생산 및 무지개송어 암컷과 산천어 수컷간의 잡종유도는 건도법을 사용한 인공수정에 의하였으며 잡종 3배체의 유도를 위해 등조액 (0.75 g NaCl, 0.048 g KCl, 0.002 g NaOH, 100 ml 증류수) 첨가 시기를 수정시작 시간으로 결정하여, 수정후 40분에 28°C의 수온으로 10분간 처리를 실시하였다. 본 실험시의 사육수 수온은 10°C이었다.

2. 초기생존율 및 잡종 3배체 유도율 조사

무지개송어, 산천어, 잡종 및 잡종 3배체를 대상으로 수정율, 발안율, 부화율, 부화후 기형을 및 부상기부터 2개월후까지의 생존율을 조사하였다.

3배체 유도율 조사는 무지개송어, 산천어, 잡종 및 잡종 3배체 각각의 발안란을 대상으로 Kligerman and Bloom (1977)의 방법에 의한 염색체분석에 의하였다. 3배체 유도율 조사시 standard error (SE)는 $SE = \sqrt{npq/N}$ (N은 표본수, p는 3배체 백분율, q는 2배체 백분율)의 공식(Baldwin et al., 1990)에 의하였다.

3. 염색체수 조사 및 핵형분석

본 실험시 사용된 무지개송어, 산천어의 염색

체수 조사 및 핵형분석을 위해 신장직접법을 사용하였고 표본은 고정된 세포를 공기건조법으로 제작 하였으며 5% Giemsa (Gurr's R-66) 용액으로 10~15분간 염색하였다. 생산된 무지개송어, 산천어 및 잡종, 잡종 3배체의 염색체수 조사 및 핵형분석은 역시 Kligerman and Bloom (1977)의 방법에 의하였다.

염색체수는 현미경($\times 1,000$) 하에서 각 개체당 최소한 20여개의 선명한 염색체 중기상(meta-phase)을 대상으로 계수하였으며 핵형은 Levan et al. (1964)의 방법에 의거하였다. 잡종 3배체의 선명한 중기상은 사진촬영 후 핵형도를 작성하였다.

4. 적혈구 세포 및 핵크기 측정

무지개송어, 산천어, 잡종 및 잡종 3배체의 적혈구 세포 및 핵크기 측정을 위하여 각각의 성체 미병으로부터 적혈구를 채취하여 slide에 도말하고 고정한 다음 5% Giemsa (Gurr's R-66) 용액으로 염색후 현미경($\times 1,000$) 하에서 검경하였다.

무지개송어, 산천어, 잡종 및 잡종 3배체의 각 20개체 로부터 개체당 200개 이상의 적혈구를 대상으로 세포 및 핵의 장·단경을 micrometer로 측정하였으며, 표면적(S)은 $1/4ab\pi$ (Sezaki and Kobayashi, 1978)로 부피(V)는 $4/3\pi(a/2)(b/2)^2$ (Lemoine and Smith, 1980)로 계산하였다(a, 세포 및 핵의 장경; b, 세포 및 핵의 단경).

5. 인형성부위(nucleolar organizer regions : NORs) 측정

무지개송어, 산천어, 잡종 및 잡종 3배체의 각

발안란을 대상으로 Gold (1984)의 방법으로 인(nucleolus)을 silver 염색한 후 무지개송어, 산천어, 잡종 및 잡종 3배체의 차이를 서로 비교하였다.

결 과

1. 초기생존율 및 잡종 3배체 유도율

무지개송어, 산천어, 잡종 및 잡종 3배체의 수정율, 발안율, 부화율, 기형율, 생존율 및 3배체유도율은 Table 1과 같다. 수정율에 있어 무지개송어, 산천어는 각각 97.7%, 94.7% 이었으며 잡종의 수정율은 81.7%이었다. 잡종 3배체의 수정율은 63.8%로 잡종의 수정율에 비해 낮았다.

무지개송어, 산천어 각각의 발안율, 부화율은 95.1%, 87.5% 및 96.1%, 84.1%이었으며 잡종의 발안율, 부화율은 각각 23.4%, 7.22%이었다. 잡종 3배체의 발안율, 부화율은 잡종에 비해 높게 나타나 63.9%, 64.4%이었다.

기형율에 있어 무지개송어는 8.62%, 산천어는 9.09%인 반면 잡종은 31.4%로 기형율이 무지개송어, 산천어에 비해 증가되었으며 잡종 3배체는 잡종의 기형율보다 더 높게 나타나 44.2%이었다.

무지개송어의 생존율은 88.8%, 산천어의 생존율은 90.5%인 반면 잡종의 생존율은 11.1%로 매우 낮았다. 반면 잡종 3배체의 생존율은 83.9%로 잡종의 생존율에 비해 높았다.

무지개송어, 산천어 및 잡종에서는 3배체가 나타나지 않았으며 잡종 3배체 유도율은 92%이었다.

Table 1. Comparison of fertilization rate, eyed rate, hatching rate, abnormality and survival rate of rainbow trout, cherry salmon, their hybrid and allotriploid

Species	Fertilization rate (%)	Eyed rate (%)	Hatching rate (%)	Abnormality (%)	Survival rate (%) ^{*1}	Triploid rate (%) ^{*2}
Rainbow trout (R)	208/213(97.7)	79/82(95.1)	56/64(87.5)	5/58(8.62)	87/98(88.8)	0
Cherry salmon (C)	177/187(94.7)	99/103(96.1)	69/82(84.1)	6/66(9.09)	95/105(90.5)	0
R(♀)×C(♂) hybrid	116/142(81.7)	26/111(23.4)	7/97(7.22)	16/51(31.4)	9/81(11.1)	0
R(♀)×C(♂) allotriploid	104/163(63.8)	62/97(63.9)	65/101(64.4)	34/77(44.2)	73/87(83.9)	92±3.6

*1 From first frying to 2 month after first frying

*2 Mean±SD. Standard error (SE) = $\sqrt{pq/N-p}$, and q are the observed percentage of triploids and diploids

2. 염색체수 및 핵형

친어로 사용된 무지개송어, 산천어의 염색체수는 각각 $2n=60$ 및 $2n=66$ 이었으며 이들로 부터의 잡종은 $2n=63$ 이었다(Table 2). 무지개송어 암컷과 산천어 수컷으로 부터의 잡종 3배체는 염색체수 $3n=93$ 이었으며 핵형분석 결과 무지개

송어 암컷 염색체수 $2n=60$ (XX 성염색체 존재) 과 산천어 수컷 반수체 염색체수 $n=33$ 로 구성되었다(Table 2 and Fig. 1).

3. 적혈구 세포 및 핵 크기

무지개송어, 산천어, 잡종 및 잡종 3배체의 적

Table 2. Chromosome number frequency distribution of rainbow trout, cherry salmon, their hybrid and allotriploid

Species	Chromosome number														Total cell counts	
	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	91	92	93		94
Rainbow trout (R)	1	3	46	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
Cherry salmon (C)	0	0	0	0	0	1	2	3	51	1	1	0	0	0	0	59
R(♀)×C(♂) hybrid	0	0	0	1	2	50	2	1	0	0	0	0	0	0	0	56
R(♀)×C(♂) allotriploid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12	32	2	54

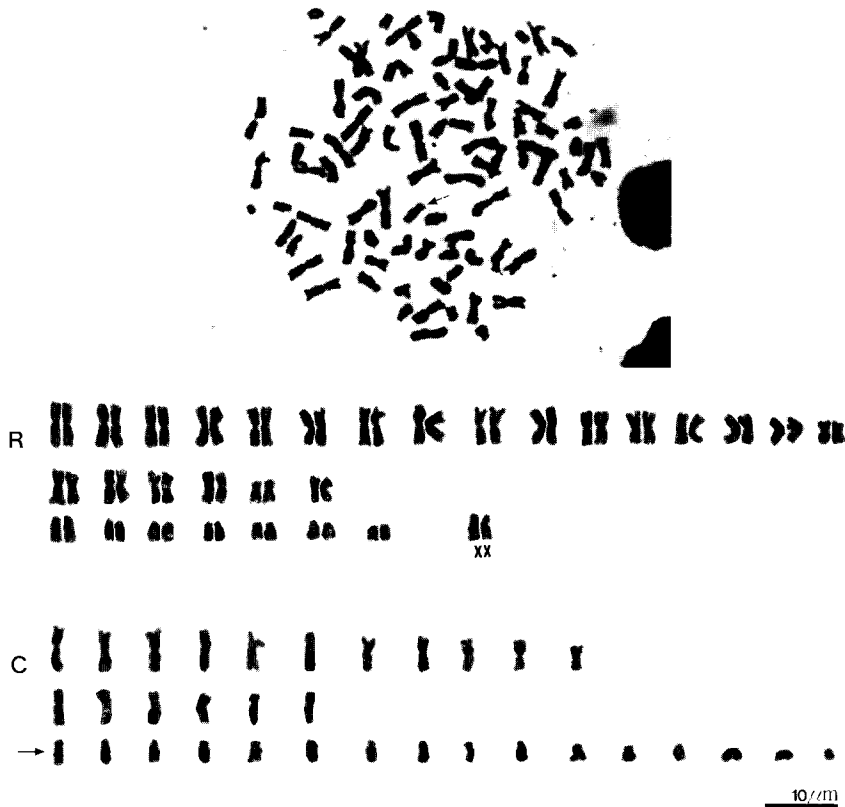


Fig. 1. Metaphase and idiograms of allotriploid. Idiogram of R indicates diploid from female rainbow trout with XX chromosome and C indicates haploid from male cherry salmon. Arrow indicate the satellited largest telocentric chromosomes of cherry salmon.

Table 3. Comparison of cell and nuclear size of rainbow trout, cherry salmon, their hybrid and allotriploid

Species	Erythrocyte*				Nucleus*			
	Max.	Min.	Surface	Volume	Max.	Min.	Surface	Volume
Rainbow trout (R)	16.2±0.6	8.0±0.2	101.8	545.1	8.0±0.3	4.2±0.3	26.1	72.6
Cherry salmon (C)	13.1±0.6	6.6±0.2	67.5	295.6	6.2±0.2	3.0±0.1	14.7	29.8
R(♀)×C(♂) hybrid	15.2±0.7	7.0±0.1	92.4	460.7	7.0±0.3	3.0±0.4	21.7	60.9
R(♀)×C(♂) allotriploid	18.3±0.8	8.9±0.6	124.7	663.4	8.8±0.7	3.6±0.6	29.5	90.1

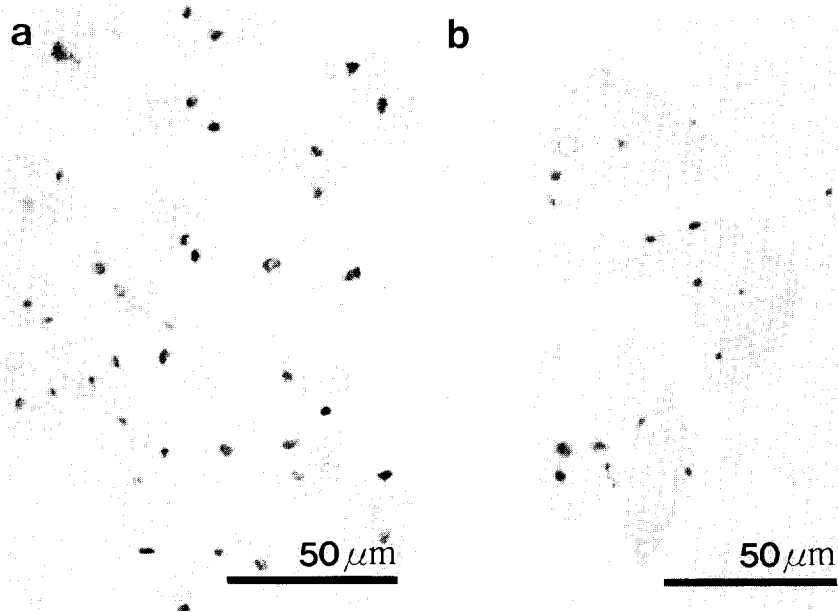


Fig. 2. Silver-stained cells of hybrid (a) and allotriploid (b). Cells of allotriploid show two or three nucleolar organizer regions (NORs).

혈구 세포 및 핵 크기 측정 결과는 Table 3과 같다. 무지개송어 적혈구 세포의 장축은 16.2 μm, 단축은 8.0 μm 이었고 그 표면적과 부피는 각각 101.8 μm², 545.1 μm³ 이었다. 무지개송어 적혈구 핵의 장축은 8.0 μm, 단축은 4.2 μm 이었고 그 표면적과 부피는 각각 26.1 μm², 72.6 μm³ 이었다. 산천어 적혈구 세포의 장축은 13.1 μm, 단축은 6.6 μm 이었고 그 표면적과 부피는 각각 67.5 μm², 295.6 μm³ 이었다. 산천어 적혈구 핵의 장축은 6.2 μm, 단축은 3.0 μm 이었고 그 표면적과 부피는 각각 14.7 μm², 29.8 μm³ 이었다.

잡종 적혈구 세포 및 핵 크기는 무지개송어, 산천어의 적혈구 세포 및 핵 크기의 중간을 나타내

었다. 잡종 적혈구 세포의 장축, 단축은 각각 15.2 μm, 7.0 μm로 나타났으며 이에 따르는 표면적 및 부피는 각각 92.4 μm², 460.7 μm³로 나타났다. 잡종 적혈구 핵의 장축, 단축은 각각 7.0 μm, 3.0 μm로 나타났으며 이에 따르는 표면적 및 부피는 각각 21.7 μm², 60.9 μm³로 나타났다.

잡종 3배체 적혈구 세포 및 핵 크기는 잡종의 적혈구 세포 및 핵 크기에 비해 크게 나타났으며 그 크기증가 정도는 암컷 친어로 사용된 무지개송어 적혈구 세포 및 핵 크기에 비례적으로 나타났다. 잡종 3배체 적혈구 세포의 장축, 단축은 각각 18.3 μm, 8.9 μm로 나타났으며 이에 따르는 표면적 및 부피는 각각 124.7 μm², 663.4 μm³

으로 나타났다. 잡종 3배체 적혈구 핵의 장축, 단축은 각각 8.8 μm , 3.6 μm 로 나타났으며 이에 따르는 표면적 및 부피는 각각 29.5 μm^2 , 90.1 μm^3 으로 나타났다.

4. 인형성부위(nucleolar organizer regions : NORs)

무지개송어, 산천어 및 잡종의 인형성부위는 Fig. 2에서와 같이 각 세포에서 1개 또는 2개로 나타난 반면 잡종 3배체의 인형성부위는 1개, 2개 또는 3개로 나타났다.

고 찰

잡종은 수정을, 발안을, 부화율 및 생존율에 있어 잡종 유도시 사용된 무지개송어, *O. mykiss* 및 산천어, *O. masou* 보다 낮게 나타났다. 이러한 낮은 잡종의 수정율 및 발안율은 본 실험과는 역교배인 산천어 암컷과 무지개송어 수컷간 잡종인 경우 수정율 90.0%, 발안율 3.5%로 나타난바 있으며 잡종은 부화전 까지만 생존한바 있다(Oshiro et al., 1991). 잡종의 이러한 낮은 생존율은 잡종 유도시 사용된 친어로 부터의 염색체 상반성에 기인된 것으로 역시 범가자미, *Verasper variegatus*와 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 잡종은 비록 수정율은 68.8%를 보였으나 부화가 전혀 이루어지지 않았으며(Kim et al., 1996), brown trout, *Salmo trutta*와 brook trout, *Salvelinus fontinalis*의 잡종인 tiger trout는 부화후 2개월에 대조군에 비해 10~20%의 생존율을 보인바 있다(Blanc and Chevassus, 1979; 1982).

본 실험에서 무지개송어 암컷과 산천어 수컷간의 잡종 3배체는 잡종에 비해 수정율, 발안율, 부화율 및 생존율에서 높게 나타났다. 본 실험과는 역교배체인 산천어 암컷과 무지개송어 수컷간 잡종 3배체의 수정율은 96.7%, 발안율은 48.8%, 부화율은 1.3%, 부상기부터 부상후 30일 까지의 생존율은 0.7%로 나타나(Oshiro et al., 1991), 본 실험의 무지개송어 암컷과 산천어 수컷간 잡종

3배체에 비해 수정율만 제외하고는 낮게 나타났다. 이러한 잡종 3배체에서 잡종에 비한 높은 생존율은 잡종에서의 염색체 상반성이 3배체화 시의 제 2극체 방출 억제로 인해 잡종 3배체가 안정적인 모계 2배체와 부계 반수체로 이루어진 염색체에 기인된 것으로, 빈번히 발견되는 자연발생적 잡종 3배체 역시 이러한 안정적 염색체 구성에 의한 높은 생존율에 기인된 것이다(Capanna et al., 1973; Vasilév et al., 1975; Máriań and Krasznai, 1978; 박, 1995; 박 등, 1996).

잡종의 기형율은 무지개송어, 산천어에 비해 높게 나타났으며 잡종 3배체의 3배체율은 92%로 이들의 기형율은 잡종에 비해 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 미꾸라지, *Misgurnus mizolepis*와 미꾸리, *M. angullicaudatus* 간 잡종 3배체의 기형율 11.9%, 미꾸리와 미꾸라지 간 잡종 3배체의 기형율 13.6%가 각각 잡종의 기형율 6.0~8.5%, 6.8~10.2%보다 높게 나타남(박, 1992)과 동일한 결과로 이는 배수체 처리시 유도되는 이수체(aneuploid) 형성에 의한 기형개체 증가(Kim et al., 1990; 김 등, 1994; 박 과 김, 1994; 박 등, 1994) 때문으로 사료된다.

무지개송어에서 Ohno et al. (1965)이 개체간 염색체 다형현상을 보고 한후 이러한 염색체 다형현상은 Robertsonian 전좌에 기인됨이 보고되고 있다(Thorgaard, 1976; Hartley and Horne, 1982; Ueda et al., 1983; 김 등, 1990). 무지개송어에서의 이러한 염색체 다형현상을 고려 염색체수 $2n=60$ 을 나타내는 무지개송어를 암컷으로 사용하여 염색체수 $2n=66$ 인 산천어 수컷과의 잡종 결과 잡종의 염색체수는 $2n=63$ 으로 나타났다. 이와 같이 잡종의 염색체수 및 핵형은 모계 반수체 유전자와 부계 반수체 유전자로 구성되므로 염색체수 조사 및 핵형분석을 통해 잡종의 판별이 용이하다(Capanna et al., 1973; Chevassus, 1979; 김, 1995).

잡종 3배체는 유도시 제 2극체 방출억제에 기인되어 염색체 구성은 모계 2배체와 부계 반수체로 이루어졌으며(Thorgaard, 1983; Arai,

1984; Kim et al., 1995), 모계 무지개송어 염색체에서는 성염색체(XX)를 보인 반면 부계 산천어 염색체에서는 성염색체를 발견할 수 없었다. 염색체수 및 핵형분석이 세포주기의 일정 기간에 국한되는 반면 DNA 함량 측정은 각 생물의 고유한 일정한 유전물질을 단시간내 다량의 세포핵에서 정확한 분석이 가능한 점(Barlogie et al., 1980; 박, 1995)을 고려 차후 유도된 잡종 및 잡종 3배체를 대상으로 DNA 함량 측정이 필요시 된다.

잡종의 염색체수는 $2n=63$ 인데 반해 잡종 3배체의 염색체수는 $3n=91(14.8\%)$, $92(22.2\%)$, $93(59.3\%)$, $94(3.7\%)$ 로 mosaicism이 나타났다. 이와 같은 잡종 3배체에서의 mosaicism은 미꾸라지와 미꾸리 간의 잡종 3배체, 미꾸리와 미꾸라지 간의 잡종 3배체에서 염색체수가 각각 70~73개, 72~76개로 나타난 바(박, 1992) 있어 차후 이들 잡종 3배체의 mosaicism을 잡종 3배체의 생존성과 연관시켜 연구함이 필요하다.

어류에서는 배수화에 의해 염색체수, DNA 함량의 증가 뿐만 아니라 세포 크기의 증가가 나타난다(Benfey and Sutterlin, 1984; Parsons, 1993; 박과 박, 1994). 잡종 적혈구의 세포 및 핵 크기 그리고 표면적 및 부피는 사용된 암·수천어인 무지개송어, 산천어의 중간을 나타내며 잡종 3배체는 배수화에 기인되어 잡종에 비해 적혈구 세포 및 핵의 장축, 단축, 표면적 및 부피에서 각각 1.2배, 1.3배, 1.3배, 1.4배 및 1.3배, 1.2배, 1.4배, 1.5배의 크기 증가를 보였다. 잡종 3배체 적혈구의 크기 증가 경향은 미꾸라지와 미꾸리에서의 잡종 3배체 적혈구 크기 증가 경향(박, 1992), 무지개송어와 은연어에서의 잡종 3배체 적혈구 크기 증가 경향(박 등, 1996)과 마찬가지로 잡종 3배체 유도시 사용된 암컷 즉, 무지개송어 적혈구 크기 증가 경향을 더욱 따랐다.

무지개송어, 산천어를 위시한 연어속에서 보고된 바와같이 대부분의 종에서 인형성부위(nucleolar organizer regions)는 반수체 한조의 일정

염색체에 존재하는 것으로 2배체 간의 세포에서 인형성부위가 1개 혹은 2개로 발견된다(Phillips and Ihssen, 1985; Phillips et al., 1986; 박과 김, 1994). 무지개송어와 산천어간 잡종 및 잡종 3배체의 인형성부위 수는 각각 1개, 2개 및 1개, 2개, 3개를 보인바, 본 실험에서는 배체(embryo)를 대상으로 silver staining으로 배수화를 판별하였지만 이 방법이 성체 일부 조직에 적용된다면 성체를 죽이지 않고 잡종 3배체의 배수화를 판별할 수 있어 적혈구 세포 및 핵 크기 측정법과 아울러 잡종 3배체의 배수화 판별의 유용한 방법이 될 것이다(박과 김, 1994).

본 실험에서 연구된 결과들과 아울러 무지개송어와 산천어간의 잡종 및 잡종 3배체의 양식 산업적 측면에서의 효과 조사와 아울러 이들 잡종, 잡종 3배체의 생식능력 조사에 관한 연구가 필요하리라 사료된다.

요 약

무지개송어, *Oncorhynchus mykiss*와 산천어, *O. masou*간 잡종 및 잡종 3배체가 유도되었다. 잡종 3배체의 3배체 유도율은 92%로 유도된 잡종 3배체의 초기 생존율은 잡종에 비해 높게 나타났다. 잡종의 염색체수는 $2n=63$ 이었으며 잡종 3배체의 염색체수는 $3n=93$ 으로 나타났다. 잡종은 적혈구 세포 및 핵 크기에서 잡종유도시 사용된 무지개송어, 산천어의 적혈구 세포 및 핵 크기의 중간치를 나타냈으며 잡종 3배체는 잡종에 비해 배수화에 기인되어 큰 적혈구 세포 및 핵 크기를 나타내었다. 이러한 배수화는 인형성부위 수에서도 나타나 잡종은 1개 혹은 2개의 인형성부위를 보인 반면 잡종 3배체는 1개, 2개 혹은 3개의 인형성부위를 나타내었다.

참 고 문 헌

- Arai, K., 1984. Developmental genetic studies on salmonids: morphogenesis, isozyme

- phenotypes and chromosomes in hybrid embryos. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 31 : 1-94.
- Arai, K., 1986. Effect of allotriploidization on development of the hybrids between female chum salmon and male brook trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52 : 823-829.
- Baldwin, N. W., C. A. Busack and K. O. Meals, 1990. Induction of triploidy in white crappie by temperature shock. Trans. Am. Fish. Soc., 119 : 438-444.
- Barlogie, B., B. Drewinko, J. Schumann, W. Gohoe, G. Dosik, J. Lartreille, D. A. Johnston, and E. J. Freireichi, 1980. Cellular DNA content as a marker of neoplasia in man. Am. J. Med., 69 : 195-203.
- Benfey, J. J. and A. M. Sutterlin, 1984. Triploidy induced by heat shock and hydrostatic pressure in landlocked Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture, 36 : 359-367.
- Blanc, J. M. and B. Chevassus, 1979. Interspecific hybridization of salmonid fish. I. Hatching and survival up to the 15th day after hatching in F₁ generation hybrids. Aquaculture, 18 : 21-34.
- Blanc, J. M. and B. Chevassus, 1982. Interspecific hybridization of salmonid fish. II. Survival and growth up to the 4th month after hatching in F₁ generation hybrids. Aquaculture, 29 : 383-387.
- Capanna, E., S. Cataudella, and R. Volpe, 1974. Un ibrido intergenerico tra trota iridea e salmerino di fonte (*Salmo gairdneri* × *Salvelinus fontinalis*). Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 29 : 101-106 (In Italian with English summary).
- Capanna, E., S. Cataudella, and T. G. De Fronza, 1973. Some remarks on the karyotype of an intergeneric hybrid, *Salmo trutta* × *Salvelinus fontinalis* (Pisces : Salmoniformes). Genetica, 44 : 194-206.
- Chevassus, B., 1979. Hybridization in salmonids : results and perspectives. Aquaculture, 17 : 113-128.
- Chevassus, B., 1983. Hybridization in fish. Aquaculture, 33 : 245-262.
- Gold, J. R., 1984. Silver staining and heteromorphism of chromosomal nucleolus organizer regions in North American cyprinid fishes. Copeia, 1984 : 133-139.
- Hartley, S. E. and M. T. Horne, 1982. Chromosome polymorphism in the rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Chromosoma, 87 : 461-468.
- Kim, D. S., G. C. Choi, and J. -Y. Jo, 1990. Induced triploid in channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Teleostomi : Siluriformes). Korean J. Genetics, 12 : 229-235.
- Kim, D. S., Y. K. Nam, I. -S. Park, 1995. Survival and karyological analysis of reciprocal diploid and triploid hybrids between mud loach (*Misgurnus mizolepis*) and cyprinid loach (*M. anguillicaudatus*). Aquaculture, 135 : 257-265.
- Kim, K. -K., I. C. Bang, Y. Kim, Y. K. Nam and D. S. Kim, 1996. Early survival and chromosomes of intergeneric hybrids between Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and spotted halibut *Verasper variegatus*. Fisheries Science, 62 : 490-491.
- Kligerman, A. D. and S. E. Bloom, 1977. Rapid chromosome preparations from solid tissues of fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 34 : 266-269.
- Krasznai, Z., T. Márián, Z. Jeney, G. Jeney, and A. Zsigri, 1984. Effect of triploidy on the blood cell size of hybrid grass carp. Aquat. Hung. (Szarvas), 4 : 17-24.
- Lemoine, H. L. Jr. and L. T. Smith, 1980. Polyploidy induced in brook trout by cold shock. Trans. Am. Fish. Soc., 109 : 626-631.
- Levan, A., K. Fredga, and A. A. Sanberg, 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas, 52 : 201-220.
- Márián, T. and Z. krasznai, 1978. Kariological investigations on *Ctenopharyngodon idella* and *Hypophthalmichthys nobilis* and their cross-breeding. Aquat. Hung. (Szarvas), 1 : 44-50.
- Ohno, S., C. Stenius, E. Faisst, and M. T. Zenzes, 1965. Post-zygotic chromosomal rearrangements in rainbow trout (*Salmo irideus* Bibbins). Cytogenetics, 4 : 117-129.
- Oshiro, T., Y. Deng, S. Higaki, and F. Takashima, 1991. Growth and survival of diploid and triploid hybrids of masou salmon, *Oncorhynchus masou*. Bull. Japan. Soc. Sci.

- Fish., 57 : 1851-1857.
- Parsons, G. R., 1993. Comparisons of triploid and diploid white crappies. Trans. Am. Fish. Soc., 122 : 237-243.
- Phillips, R. B., K. D. Zajicek, P. E. Ihssen, and O. Johnson, 1986. Application of silver staining to the identification of triploid fish cells. Aquaculture, 54 : 313-319.
- Phillips, R. B. and P. E. Ihssen, 1985. Chromosome banding in salmonid fishes : nucleolar organizer regions in *Salmo* and *Salvelinus*. Can. J. Genet. Cytol., 27 : 433-440.
- Scheerer, P. D. and G. H. Thorgaard, 1983. Increased survival in salmonid hybrids by induced triploidy. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40 : 2040-2044.
- Sezaki, K. and H. Kobayashi, 1978. Comparison of erythrocytic size between diploid and tetraploid in spinous loach, *Cobitis biwae*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44 : 851-854.
- Thorgaard, G. H., 1976. Robertsonian polymorphism and constitutive heterochromatin distribution in chromosomes of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Cytogenet. Cell Genet., 17 : 174-184.
- Thorgaard, G. H., 1983. Chromosome set manipulation and sex control in fish. In : Fish Physiology, Vol. IX B (Hoar, W. S., Randall, D. J. and Donaldson, E. M., eds.), Academic Press, New York. p.405-434.
- Ueda, T., Y. Ojima, R. Sato, and Y. Fukuda, 1984. Triploid hybrids between female rainbow trout and male brook trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50 : 1331-1336.
- Ueda, T., Y. Ojima, T. Kato, and Y. Fukuda, 1983. Chromosomal polymorphism in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Proc. Japan Acad., 59 : 168-171.
- Vasilév, V. P., A. P. Makeeva, and I. N. Ryabov, 1975. Triploidy of hybrids of carp with other representatives of the family Cyprinidae. Sov. Genet., 11 : 980-985.
- 김경길·방인철·김원·김동수, 1995. 유도된 넙치와 범가자미간 잡종 자어의 생존 및 성장에 관한 연구. 한국양식학회지, 8 : 69-76.
- 김동수·김종만·박인석, 1990. 양식산 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*) 2배체 및 유도된 3배체의 염색체 다형현상. 한국양식학회지, 3 : 145-153.
- 김동수·정창화·이영돈·노섭, 1994. 3배체 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 유도에 관한 연구. 한국양식학회지, 7 : 55-61.
- 박인석, 1992. 미꾸리과 미꾸라지의 잡종 및 잡종 3배체에 관한 연구. 부산수산대학교 박사학위논문, 84 pp.
- 박인석, 1995. 잡종화 기법을 이용한 어류의 유전 육종. 군산대 해양개발연구소논문, 7 : 47-68.
- 박인석·김병기·김종만·최경철·김동수, 1996. 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)와 은연어(*O. kisutch*)간의 잡종 및 잡종 3배체 생산. 한국양식학회지, 9 : 133-140.
- 박인석·김형배, 1994. 3배체 산천어(*Oncorhynchus masou*) 유도. 한국양식학회지, 7 : 207-223.
- 박인석·박기영, 1994. 산천어(*Oncorhynchus masou*) 2배체와 3배체간의 혈액학적 및 생리학적 특징. 한국양식학회지, 8 : 21-29.
- 박인석·김형배·손진기·김동수, 1994. 3배체 참돔(*Pagrus major*)의 생산. 한국어류학회지, 6 : 71-78.